

## Último quilómetro da pós-colheita: perda de água de frutos e batata em condições de loja simuladas

Mariana Bernardo<sup>1</sup>, Joana Fontes<sup>2</sup> & Domingos P.F. Almeida<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto Superior de Agronomia, Universidade de Lisboa, Tapada da Ajuda, 1349-017 Lisboa, Portugal. dalmeida@isa.ulisboa.pt

<sup>2</sup>Jerónimo Martins, Direção da Qualidade e Segurança Alimentar - Frutas e Vegetais, 2050-306 Azambuja, Portugal.

### Resumo

No “último quilómetro” da pós-colheita existem perdas consideráveis e de difícil gestão. Uma das linhas de trabalho do programa de investigação do Freshness Lab sobre o “último quilómetro” relaciona-se com as perdas quantitativas e qualitativas em loja e em casa dos consumidores. A perda de massa, predominantemente devido à perda de água, é uma importante causa de depreciação da qualidade e um custo que importa quantificar para uma boa gestão.

Este estudo teve como objetivo a determinação empírica de coeficientes de transpiração de frutos e batata em condições de loja simuladas. Frutos como abacaxi, mandarina, laranja, maçã, manga, nectarina, pera, pêssago, tomate de cacho, tomate redondo e uva de mesa foram mantidos a 19-20 °C e a 9-10 °C nas mesmas condições de exposição em loja. Foram efetuados cinco ensaios, nos meses de março, abril, maio, junho e julho, em que a temperatura e humidade relativa foram constantemente monitorizadas e registadas. O coeficiente de transpiração (K) foi calculado a partir de medições de perda de peso e do défice de pressão de vapor entre o fruto e o ar, sendo expresso em  $\text{mg kg}^{-1} \text{s}^{-1} \text{MPa}^{-1}$ . A 19 °C, os intervalos de valores calculados de K foram os seguintes: 98-296 em abacaxi; 27-103 em laranja; 8-64 em maçã; 27-119 em mandarina; 44-135 em manga; 149-198 em nectarina; 21-79 em pera; 154-160 em pêssago vermelho; 46-251 em tomate redondo; 35-185 em tomate de rama; 38-160 em uva de mesa e 10-116 em batata. A 9 °C, a gama de valores de K foram os seguintes: 147-274 em abacaxi; 65-103 em laranja; 16-52 em maçã; 43-144 em mandarina; 37-122 em manga; 271-691 em nectarina; 39-65 em pera; 712-870 em pêssago vermelho; 97-564 em tomate redondo; 76-216 em tomate de rama; 49-156 em uva de mesa e 37-156 em batata.

Verificou-se uma variação do coeficiente de transpiração com os lotes para o mesmo défice de pressão de vapor, mostrando que existe a possibilidade de reduzir as perdas de água através da melhoria da eficiência de alguns pontos na cadeia de abastecimento.

**Palavras-chave:** transpiração, retalho alimentar, perda, temperatura, humidade relativa.

### Abstract

**Last mile of fruit and vegetables: fruit and potato water loss in simulated store conditions.** The last mile of the fruit and vegetable supply chain poses significant challenges for quality management and loss prevention. The research program of the Freshness Lab on the "last mile" focus on the understanding of quantitative and qualitative losses in retail stores consumer households. Water loss is a major cause of loss and quality depreciation in fruits and vegetables and its quantification required for proper management decisions regarding product handling in the last mile.

This study aimed to determine the transpiration coefficients of fruit and potato under simulated store display conditions. Pineapple, mandarin, orange, apple, mango, nectarine, pear, peach, bunch tomatoes, round tomatoes and table grapes were maintained at 19-20 °C and 9-10 °C. Five trials were conducted in the months of March, April, May, June and July 2016. The transpiration coefficient (K) was calculated from weight loss measurements and the vapor pressure deficit between the fruit and the air. At 19 °C, the K values, expressed in  $\text{mg kg}^{-1} \text{s}^{-1} \text{MPa}^{-1}$ , were: 98-296 in pineapple; 27-103 in orange; 8-64 in apple; 27-119 in mandarin; 44-135 in mango; 149-198 in nectarine; 21-79 in pear; 154-160 in red peach; 46-251 in round tomatoes; 35-185 in bunch tomato; 38-160 in table grape and 10-116 in potato. At 9 °C, the range of K values were: 147-274 in pineapple; 65-103 in orange; 16-52 in apple; 43-144 in mandarin; 37-122 in mango; 271-691 in nectarine; 39-65 in pear; 712-870 in red peach; 97-564 in round tomatoes; 76-216 in raw tomato; 49-156 in table grape and 37-156 in potato.

There was a large variation of the transpiration coefficient among fruit batches within the marketing period examined for the same vapor pressure deficit, suggesting it is possible to reduce water losses by improving the efficiency of some points in the supply chain.

**Keywords:** food loss, relative humidity, temperature, retail food, transpiration.

## Introdução

Fruta e hortaliças são alimentos metabolicamente ativos com um elevado teor em água. A perda de água tem importantes consequências quantitativas e qualitativas. As perdas quantitativas, representadas pela diminuição de peso vendável dos produtos, constituem uma perda a nível económico através da redução da quantidade vendida. As perdas qualitativas englobam a depreciação da aparência (aspeto murcho e engelhado), da textura (amolecimento, flacidez e diminuição da sensação de suculência) e teor em vitamina C (Almeida, 2005; Mohammed, 2014; Pareek, 2016). A perda de água é um custo escondido na cadeia de abastecimento de frutas e hortaliças, sendo particularmente difícil de controlar no «último quilómetro», entre o retalhista e o local e momento de consumo.

O défice de pressão de vapor (DPV) é a força motriz para a evaporação da água a partir de uma superfície de água livre. A forma como a água se evapora de fruta ou hortaliças depende, para além do DPV, de características do produto, da sua embalagem e da forma de exposição. Os fatores ambientais que determinam o DPV entre o órgão vegetal e o ar que o rodeia incluem todos os que afetam as propriedades psicrométricas do ar no interior do produto e no ar externo: temperatura, humidade relativa, velocidade do ar, pressão atmosférica e luz. Descontando o efeito térmico associado, a luz possui um efeito reduzido na taxa de perda de água dos produtos hortofrutícolas, embora esta tenda a aumentar nas hortaliças de folha com o acréscimo da intensidade luminosa e com a duração de exposição.

Os fatores relacionados com o produto englobam: razão entre a superfície e o volume, características da superfície de evaporação, danos mecânicos, estado fisiológico do produto, cultivar e fatores pré-colheita. Os danos mecânicos aumentam significativamente a taxa de perda de água, uma vez que os danos por compressão e impacto quebram as barreiras superficiais de proteção contra a perda de água e provocam a exsudação da água intracelular. O estado fisiológico do produto, principalmente o seu grau de maturação, influencia a permeabilidade da superfície dos frutos e outros órgãos vegetais. A cultivar e os fatores pré-colheita conduzem a diferenças no calibre e nas

características osmóticas e anatómicas dos produtos, influenciando também a sua taxa de perda de água (Almeida, 2005; Pareek, 2016).

O coeficiente de transpiração (K) é uma constante de proporcionalidade e traduz a facilidade com que uma superfície perde água. Também resume o efeito dos diferentes fatores relacionados com a natureza do produto e que influenciam a taxa de transpiração (Almeida, 2005; Pareek, 2016).

Este estudo teve por objetivo determinar os valores de K para diferentes tipos de fruta e batata, nas condições em que são expostas em lojas de uma cadeia de retalho alimentar.

## Material e Métodos

**Fruta e batata.** Foram estudados os seguintes produtos: abacaxi, laranja, maçã, mandarina, manga pronta a comer, nectarina, pera, pêssigo, tomate rama, tomate redondo, uva de mesa e batata (quadro 1). Todos os produtos foram rececionados pelo Grupo Jerónimo Martins, de diferentes lotes e fornecedores. Foram avaliados distintos lotes do mesmo produto, com uma periodicidade de entrega mensal, entre os meses de março a julho. Os produtos foram colocados em duas câmaras de temperatura controlada em dois ambientes distintos: 19-20 °C e 9-10 °C, simulando as condições de loja Pingo Doce e Recheio.

**Medição do peso e cálculo dos coeficientes de transpiração.** A perda de água foi estimada a partir de medições diárias da massa de embalagens de exposição (caixas CHEP) de cada um dos lotes de produto. As pesagens foram efetuadas diariamente, durante cinco meses de ensaio, numa balança (Kern EOB 35K10, Kern & Sohn, Alemanha) com uma precisão de 10 g. Frutos removidos devido a doenças pós-colheita ou sobrematuração foram pesados e a sua massa utilizada para corrigir os cálculos das subseqüentes reduções de massa. Após esta correção, assumiu-se que toda a redução de peso foi devida à perda de água.

Os valores de massa foram expressos em massa fresca relativa, considerando o valor inicial como 100%. A taxa de perda de água (J), expressa em percentagem por dia, foi calculada através da regressão linear entre o tempo de exposição (dia) e a massa fresca relativa (%).

A pressão de vapor saturada (do produto) e a pressão de vapor do ar foram determinadas com base nas medições da temperatura do bolbo seco e da humidade relativa do ar das câmaras. Utilizou-se o valor médio para cada um dos períodos de exposição.

O coeficiente de transpiração (K) foi calculado a partir da taxa de perda de água medida experimentalmente e do défice de pressão de vapor calculado com base na temperatura e na humidade relativa efetivas, através da equação 1, derivada da lei de Fick.

$$K = \frac{J}{DPV} \quad [1]$$

em que K é o coeficiente de transpiração (% d-1 kPa-1), J a taxa de perda de água (% d-1) e a DPV o défice de pressão de vapor (kPa). As unidades de K foram posteriormente convertidas para mg kg-1 s-1 MPa-1.

## Resultados e discussão

No quadro 1 encontram-se os diversos produtos recebidos e respetivo modo de acondicionamento. As taxas de perda de água determinadas experimentalmente para cada um dos produtos e os respetivos coeficientes de transpiração estão indicadas no quadro 2.

O abacaxi, recebido em caixas de cartão, apresentou variações de K entre 98 e 296 mg kg<sup>-1</sup> s<sup>-1</sup> MPa<sup>-1</sup> para 19-20°C e entre 147 e 274 mg kg<sup>-1</sup> s<sup>-1</sup> MPa<sup>-1</sup> para 9-10 °C, em função dos lotes e das condições ambientais. O valor mais elevado de K observado em condições refrigeradas pode dever-se à sensibilidade do abacaxi a danos pelo frio. Embora a planta ananaseiro tenha uma baixa taxa de transpiração, uma vez que se trata de uma planta com metabolismo CAM (metabolismo ácido das Crassuláceas) que fecha os seus estomas durante o dia e abre-os à noite (FAO, 1998), o fruto apresentou uma elevada taxa de perda de água e valor de K.

As batatas, de cozer e de fritar foram recebidas em sacos de malha de 3 kg e o K da batata de cozer situou-se entre 16 e 134 mg kg<sup>-1</sup> s<sup>-1</sup> MPa<sup>-1</sup> (temperatura ambiente) e entre 37 e 134 mg kg<sup>-1</sup> s<sup>-1</sup> MPa<sup>-1</sup> (temperatura refrigerada), dentro do intervalo de valores referido na literatura (Almeida, 2005). O K da batata de fritar variou entre 10 e 44 mg kg<sup>-1</sup> s<sup>-1</sup> MPa<sup>-1</sup> (temperatura ambiente) e entre 44 a 156 mg kg<sup>-1</sup> s<sup>-1</sup> MPa<sup>-1</sup> (temperatura refrigerada). A humidade relativa do ar, per se, parece ter influenciado a transpiração da batata uma vez que o K foi mais elevado à temperatura ambiente nos meses de março e abril e em condições refrigeradas nos lotes analisados em maio, junho e julho, mas sempre onde se registaram os valores mais elevados de humidade relativa.

Nos dois tipos de frutos citrinos estudados, laranjas e mandarinas, obtiveram-se valores mais elevados de K para a mandarina. Em laranjas, o K variou entre 27 e 103 mg kg<sup>-1</sup> s<sup>-1</sup> MPa<sup>-1</sup> a 19-20 °C e entre 65 e 103 mg kg<sup>-1</sup> s<sup>-1</sup> MPa<sup>-1</sup> a 9-10 °C. Em mandarinas, o intervalo de valores de K para temperatura ambiente foi de 27 a 119 mg kg<sup>-1</sup> s<sup>-1</sup> MPa<sup>-1</sup>, enquanto para temperatura refrigerada foi de 43 a 144 mg kg<sup>-1</sup> s<sup>-1</sup> MPa<sup>-1</sup>. Todos os valores calculados encontram-se na gama de valores referida na literatura (Almeida, 2005).

O K da maçã referenciado na literatura situa-se entre 16 e 100 mg kg<sup>-1</sup> s<sup>-1</sup> MPa<sup>-1</sup> (Almeida, 2005). Nos meses em que foram recebidas maçãs Golden Delicious embaladas (maio e julho), o coeficiente de transpiração foi menor que nos meses em que foram recebidas maçãs a granel (abril e junho), registando-se valores de 8-64 mg kg<sup>-1</sup> s<sup>-1</sup> MPa<sup>-1</sup> (19-20 °C) e de 16-52 mg kg<sup>-1</sup> s<sup>-1</sup> MPa<sup>-1</sup> (9-10 °C), para ambas as condições de armazenamento.

Os valores de K dos lotes de manga, recebidos em caixas de cartão, variaram entre 44 e 135 mg kg<sup>-1</sup> s<sup>-1</sup> MPa<sup>-1</sup> para temperatura ambiente e entre 37 e 122 mg kg<sup>-1</sup> s<sup>-1</sup> MPa<sup>-1</sup> em condições de refrigeração.

Nectarinas e pêssegos vermelhos, recebidos em caixas de plástico retornável, foram analisados apenas nos meses de junho e julho, quando estavam disponíveis no mercado nacional no ano de 2016. Em pêssegos, o K situou-se entre 154 e 160 mg kg<sup>-1</sup> s<sup>-1</sup> MPa<sup>-1</sup> (19-20 °C) e entre 712 e 870 mg kg<sup>-1</sup> s<sup>-1</sup> MPa<sup>-1</sup> (9-10 °C). Em nectarinas, o K variou de 149 a 198 mg kg<sup>-1</sup> s<sup>-1</sup> MPa<sup>-1</sup> (19-20 °C) e de 271 a 691 mg kg<sup>-1</sup> s<sup>-1</sup> MPa<sup>-1</sup> (9-10 °C).

O K das peras, recebidas em caixas de cartão ou plástico retornável, situa-se entre 21 e 79 mg kg<sup>-1</sup> s<sup>-1</sup> MPa<sup>-1</sup>, para temperatura ambiente e entre 39 e 65 mg kg<sup>-1</sup> s<sup>-1</sup> MPa<sup>-1</sup> para temperatura refrigerada. Estes valores encontram-se no intervalo de valores de K referido na literatura (Almeida, 2005). Relativamente à taxa de perda de água, à semelhança dos outros produtos, também se registou ao longo de todos os meses do ensaio, uma maior percentagem no armazenamento à temperatura ambiente (19-20 °C).

Nos dois tipos de tomate, em rama e redondo, os valores de K encontram-se, maioritariamente, dentro do intervalo referido na literatura: 35 a 251 mg kg<sup>-1</sup> s<sup>-1</sup> MPa<sup>-1</sup> (19-20 °C) e 76 a 564 mg kg<sup>-1</sup> s<sup>-1</sup> MPa<sup>-1</sup> (9-10 °C), sendo mais elevados em tomate redondo (Almeida, 2005). A taxa de perda de água foi maior no tomate redondo do que no tomate em rama. Esta observação justifica-se pela exposição da cicatriz peduncular no tomate redondo, que no tomate em rama está protegida pelo cálice.

Os valores de K determinados para a uva de mesa, rececionada em caixas de cartão, situaram-se entre 38 e 160  $\text{mg kg}^{-1} \text{s}^{-1} \text{MPa}^{-1}$  (a 19-20 °C) e entre 49 e 156  $\text{mg kg}^{-1} \text{s}^{-1} \text{MPa}^{-1}$  (a 9-10 °C). A literatura indica para este produto valores de K num intervalo mais amplo de 21 a 254  $\text{mg kg}^{-1} \text{s}^{-1} \text{MPa}^{-1}$  (Almeida, 2005).

O K não é na realidade constante, sendo influenciado por diversos fatores. No entanto, a sua determinação empírica em condições que simulam a exposição em loja, permite estimar perdas de água efetivas. Estes dados permitem afinar a atribuição das quebras às diferentes causas e apoiar decisões sobre o ambiente de exposição em loja e o tipo de acondicionamento. Não sendo a perda de água o único critério a considerar na tomada de decisão, é um dos fatores que os gestores devem ponderar.

A taxa de perda de água de produtos com um elevado K pode ser reduzida através das seguintes técnicas que incidem sobre as condições ambientais: redução da temperatura, minimização das flutuações de temperatura, manutenção de humidade relativa elevada e reduzindo a velocidade do ar. No que respeita às características dos lotes de produto, a redução do K pode ser obtida através da prevenção de danos mecânicos, prevenção de doenças pós-colheita, arrefecimento e utilização de embalagens que funcionem como barreiras à humidade (Almeida, 2005; Mohammed, 2014; Pareek, 2016).

### Conclusões

Existe uma grande variabilidade nos valores de K entre lotes de cada um dos produtos. Frutos não embalados apresentaram valores de K entre um mínimo de 8 e um máximo de 870  $\text{mg kg}^{-1} \text{s}^{-1} \text{MPa}^{-1}$ . Em média, os valores de K foram mais elevados em pêssigo, nectarina, tomate redondo e abacaxi e mais baixos em maçã e pera. Frutos apresentados embalados em saco de plástico (maçã e mandarina) possuem um K mais baixo, mais ainda assim perdem água à taxa de 0,04 a 0,35 %  $\text{d}^{-1}$ . Na batata, os valores extremos situaram-se nos 10 e 156  $\text{mg kg}^{-1} \text{s}^{-1} \text{MPa}^{-1}$ .

A perda de água é uma das causas de perdas significativas no «último quilómetro» da pós-colheita hortofrutícola.

### Agradecimentos

Este estudo foi apoiado pelo Grupo Jerónimo Martins.

### Referências

- Almeida, D. 2005. Manuseamento de Produtos Hortofrutícolas. Porto: Sociedade Portuguesa de Inovação, 112 p.
- FAO. 1998. Crop Evapotranspiration - Guidelines for Computing Crop Water Requirements. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. Chap. 6, Single Crop Coefficient, 103 - 134 p.
- Mohammed, M. 2014. Manual on postharvest management strategies to reduce losses of perishable crops. 1<sup>st</sup> edition. Trinidad: The University of the West Indies, 50 p.
- Pareek, S. 2016. Postharvest Ripening Physiology of Crops. Boca Raton: CRC Press, 643 p.

## Quadros e Figuras

Quadro 1 – Produtos estudados e respetiva forma de acondicionamento.

Produto	Espécie	Cultivares	Embalagem
Abacaxi	<i>Ananas comosus</i>	Del Monte e Gold	Caixa de cartão
Batata (Conservação e nova de cozer e fritar)	<i>Solanum tuberosum</i>	Caesar; Monalisa; Colomba e Erika Mozart e Manitou	Sacos de malha de 3 kg
Laranja	<i>Citrus sinensis</i>	Lanelate e Valencia	Caixa Chep ou de cartão
Maçã	<i>Malus domestica</i>	Royal Gala e Golden Delicious	Sacos de plástico (embalada) Caixa de cartão (granel)
Mandarina	<i>Citrus reticulata</i>	Ortanique e Clemenvilla	Sacos (embalada) Caixa Chep (granel)
Manga (pronta a comer)	<i>Mangifera indica</i>	Palmer	Caixa de cartão
Nectarina	<i>Prunus pérsica</i>	Desconhecida	Caixa Chep ou de cartão
Pera	<i>Pyrus communis</i>	Packham's e Rocha	Caixa Chep ou de cartão
Pêssego Vermelho	<i>Prunus pérsica</i>	Rich Lady	Caixa Chep ou de cartão
Tomate em Rama e Redondo	<i>Solanum lycopersicum</i>	Rama e Bigram Zinac e Meryva	Caixa Chep ou de cartão
Uva	<i>Vitis vinifera</i>	Cardinal e Red Globe	Caixa de cartão

Quadro 2 – Coeficiente de transpiração e taxa de perda de água para os produtos em estudo. Apresenta-se o intervalo dos valores determinado nos diferentes lotes estudados para cada um dos produtos.

Produto	Nº Ensaio	Coeficiente Transpiração (mg kg <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> MPa <sup>-1</sup> )		Taxa Perda de Água (% d <sup>-1</sup> )	
		19-20 °C	9-10 °C	19-20 °C	9-10 °C
Abacaxi	5	98-296	147-274	0,66-0,93	0,37-0,51
Batata Cozer	5	16-79	37-134	0,08-0,34	0,06-0,20
Batata Fritar	5	10-116	44-156	0,10-0,27	0,08-0,27
Laranja	5	27-103	65-103	0,18-0,37	0,12-0,21
Maçã	5	8-64	16-52	0,07-0,19	0,04-0,13
Mandarina	5	27-119	43-144	0,10-0,35	0,08-0,28
Manga	5	44-135	37-122	0,30-0,47	0,11-0,22
Nectarina	2	149-198	271-691	1,29-1,87	0,41-1,27
Pera	5	21-79	39-65	0,17-0,23	0,08-0,14
Pêssego	2	154-160	712-870	1,33-1,50	1,31-1,32
Tomate Rama	5	35-185	76-216	0,28-0,67	0,19-0,48
Tomate Redondo	5	46-251	97-564	0,40-1,29	0,22-0,97
Uva	5	38-160	49-156	0,26-0,39	0,11-0,26